

文章编号:1671-6833(2003)03-0095-03

细化和倒谱分析在坦克齿轮箱故障诊断中的应用

牛立勇¹, 关惠玲²

(1. 中国人民解放军 71677 部队装备处, 河南 安阳 455133; 2. 郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 为有效诊断坦克齿轮箱齿轮故障, 建立了以微机为主体的频谱分析系统, 对某坦克齿轮箱的振动信号进行分析. 根据齿轮振动信号频谱具有调制边频的特点, 提出了用细化谱分析与倒频谱分析相结合的方法来对齿轮振动信号进行频谱分析和故障诊断, 实验结果表明此方法是可行的, 为坦克齿轮传动箱的故障诊断提供了有效的途径.

关键词: 坦克齿轮箱; 细化谱; 倒频谱; 故障诊断

中图分类号: TP 165+.3 **文献标识码:** A

0 引言

齿轮故障是影响坦克齿轮箱正常工作的主要因素之一^[1]. 齿轮传动箱工作时所产生的振动信号含有齿轮加工、安装、运行及损伤状态等信息. 齿轮故障的诊断, 关键是如何把各种有用的故障信息分离出来. 根据齿轮振动机理及相关的谱分析方法来进行振动信号处理和特征提取, 是目前齿轮故障诊断中的一种比较有效的方法. 齿轮振动的频谱中包含有较丰富的信息, 对各种工况的齿轮信号进行频谱分析, 从中可确定故障及其可能原因.

坦克齿轮传动箱用来将发动机的动力传递给主离合器^[1], 其承受的载荷冲击力极大, 容易使担任动力传递任务的齿轮发生故障, 进而失去行动能力. 对传动箱进行适宜的故障诊断, 可以变事后维修为预知维修, 并可以缩短维修时间, 节约维修费用. 但是目前军内对于这方面的研究还比较少, 而且效果不很明显. 倒谱分析已应用于民用齿轮箱的故障故障诊断^[2], 在本文中笔者结合某型坦克传动箱齿轮的振动信号, 利用细化谱分析与倒频谱分析相结合的方法来对信号进行频谱分析, 并得出了相应的诊断结果.

1 坦克齿轮箱齿轮故障的敏感分析方法

齿轮振动的频谱图包含有丰富的信息, 不同的振动特点, 其相应的谱线会发生特定的变化, 因

而对齿轮各种工作状态的频谱进行分析, 从中可确定其故障. 对信号进行频谱分析时, 必须有足够高的分辨率. 当边频带的间隔(故障频率)小于频率分辨率时, 则分析不出齿轮的故障. 此时就应采用细化谱技术以提高分辨率来确定齿轮故障^[3].

由于坦克齿轮箱同时有数对齿轮啮合, 在坦克齿轮箱振动频谱图中, 每对齿轮啮合时都将产生边频带谱, 多个边频带谱交叉分布在一起, 仅作频谱细化分析是不行的, 应进行一次倒频谱分析. 利用倒谱分析可把边带信号分离出来, 使在功率谱中难以分辨的周期分量在倒谱图中变为离散的线谱, 其高度反映了原功率谱中的周期分量的大小, 极易识别其变化和特点. 因此, 把细化技术与倒频谱分析结合起来, 是齿轮故障诊断的一种有效方法.

总之, 齿轮振动信号无论是调幅还是调频, 其特点是在频谱图上都有对称的边带结构, 边带的间隔反映了故障源的频率, 幅值的大小表示了故障的程度. 因而, 提取边频特征信息是齿轮故障诊断的关键技术问题.

1.1 倒频谱分析原理

倒频谱分析亦称为二次频谱分析, 是近代信号处理科学中的一项新技术^[4]. 该法对于齿轮的振动和轴承的故障分析是一种有效的分析方法. 由于齿轮箱中有多个转轴和齿轮, 因而有多个不同的旋转速度和啮合频率, 且每个旋转频率都可能在每个啮合频率及其高次谐波周围调制出边带

收稿日期:2003-03-02; 修订日期:2003-05-25

作者简介:牛立勇(1968-), 男, 河南省巩义市人, 71677 部队军官, 郑州大学硕士研究生, 主要从事军备管理和指挥工作.

信号.因此在振动功率谱中,可能会出现较混杂的频谱,很难直观地看出其变化和特点.如果对具有边带信号的功率谱本身再进行一次谱分析,就能把边带信号分离出来,使功率谱中的周期分量在第二次谱分析的谱图中呈离散线谱,其谱线高度就反映了功率谱中周期分量大小,这样就容易识别调制信号.这种二次谱分析的方法就是倒频谱分析.此方法对信号传递路径的影响不敏感,并具有检验周期信号的能力.

1.2 细化技术(ZOOM)的基本原理

在故障诊断中,故障的特征信息往往只集中在某频段内,根据故障敏感频段内各频率成分的变化情况,便可知道故障产生的原因和程度.为了提高诊断的准确性和可靠性,须在该频段内有较高的频率分辨率.利用ZOOM技术可大大提高诊断信号的频率分辨能力,且计算速度快.ZOOM技术实质上是一种选带分析技术,它利用移频原理,将时域样本进行改造,使相应频谱原点移到感兴趣的频段的中心频率处,再重新采样作FFT,即可得到更高的分辨率.

2 坦克齿轮传动箱故障的分析诊断过程及测点分布

坦克齿轮传动箱故障信号采集及分析诊断过程如图1所示.

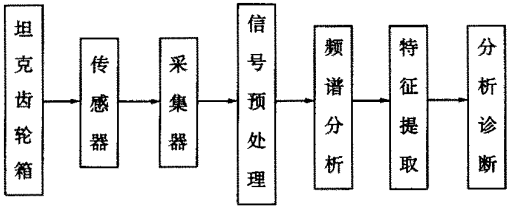


图1 分析诊断过程框图

Fig.1 Frame of analysis and diagnosis process

测点的选择应根据以下原则进行:一是测点要尽量选择靠近振动源,信号传递路径最短、界面最小的位置,缩短或减少振动信号的传播环节,由齿轮箱的结构可以看出,应选择轴承座或靠近它的地方.二是对经常发生故障的部位可多布测点.三是测点要便于安装传感器.

由于齿轮箱体是铝合金的,且外表是散热筋,光滑平面很少,因此测点位置不好选择,且固定传感器困难.因此,可用3mm钢板当垫片,并用粘合剂将垫片粘在箱体上靠近传动轴的位置,然后将磁吸座加速度传感器吸附在垫片上.

测点位置可确定垂直于三根轴的,靠近轴承

座的部位,如图2所示.

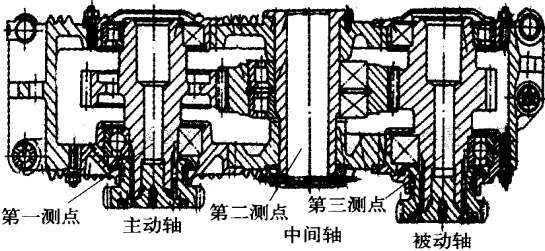


图2 坦克齿轮传动箱结构简图

Fig.2 The structure diagram of tank gearbox

技术参数如下:

主动轴转速 $n \approx 1500 \text{ r/min}$, 轴频的 $f_1 \approx 25 \text{ Hz}$, $z_1 = 30$; 中间轴轴频 $f_2 \approx 19.7 \text{ Hz}$, $z_2 = 38$, 啮合频率 $f_c = f_1 \times z_1 = f_2 \times z_2 \approx 750 \text{ Hz}$.

3 坦克齿轮箱齿轮故障特征分析

3.1 细化谱边频特征分析

测试系统在第二测点测取的中间轴振动功率谱如图3所示,从图中可以看出,在755Hz附近有尖峰出现,对这一频率左右范围进行细化谱分析,其细化谱边频带分布如图4所示.在细化谱上,以啮合频率 $\approx 755 \text{ Hz}$ 的谱线为中心向两边搜索,结果表明:一族调制边带为 $755 \pm n \cdot 25 \text{ Hz}$ 的峰值比较突出,由此可知是主要的调制源.

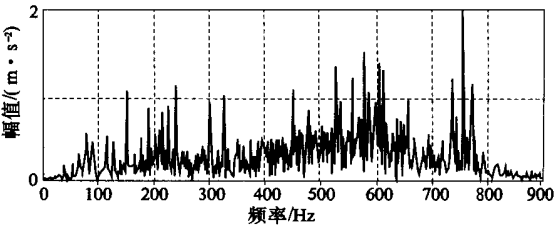


图3 振动信号的幅值谱

Fig.3 Amplitude spectrum of the signal

3.2 倒频谱分析

中间轴振动信号的倒频谱图,如图5所示.在这个图谱上有一个明显的峰值,即: $T = 40 \text{ ms}$, 则可知:

$$\Delta f = \frac{1000}{40} = 25 \text{ Hz},$$

这表明齿轮箱中间轴振动谱的边频带信号主要是由 $f_2 = 1500/60 = 25 \text{ Hz}$ 的轴频调制而成的.由上分析可知,故障主要发生在主动轴齿轮上,故障性质有两种可能:①齿轮加工分度误差大;②载荷波动,而引起齿面剥落.

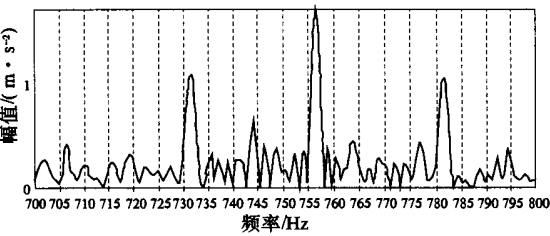


图 4 振动信号细化谱

Fig. 4 Refined spectrum of the signal

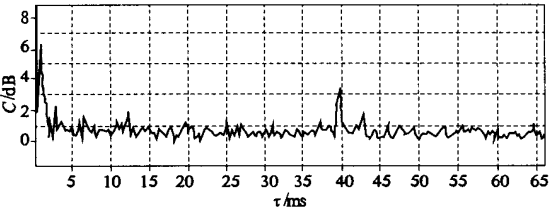


图 5 振动信号的倒频谱

Fig. 5 Cepstrum analysis of the signal

总之, 齿轮振动纯调幅或调频是少见的, 多数是两者同时存在, 即调幅、调频及调幅调频并存, 其共同特点是在频谱图上形成周期结构. 实例表明, 细化技术与倒频谱技术结合起来, 对调制边频更易识别, 是分析齿轮故障的一种有效的分析方法.

Application of Spectrum Analysis Method to Fault Diagnosis of Tank Gear Box

NU Li -yong¹, GUAN Hu -ling²

(1.Equipment Department , 71677Troop of PLA , Anyang 455133,China ; 2.College of Mechanical Engineering ,Zhengzhou University , Zhengzhou 450002,China)

Abstract : In order to effectively diagnose faults of a tank gear box ,this pager introduces an spectrum analysis system based on PC and analyses the vibration signals of a tank gear box . According to modulatory sideband of the spectrum ,the paper defines a method of combining zoom spectrum with inverse spectrum .The experimental results prove that the mothod is feasible . The method is an effective means in fault diagnosis of tank gear box .

Key words : tank gear box ; zoom spectrum ; inverse spectrum ; fault diagnosis

4 结束语

本文根据齿轮振动的频谱特点, 对齿轮的振动信号进行了特征分析; 利用细化谱及倒谱对振动信号进行综合分析, 对齿轮故障进行了有效的诊断, 以监测齿轮运行状态. 结果表明, 把倒频细化分析与计算机技术相结合的诊断方法可迅速、准确地对齿轮振动进行故障诊断.

实践表明, 用本文所述的方法对坦克齿轮传动箱齿轮故障的诊断是比较准确和有效的. 同时利用本方法也可以对其他的齿轮部件故障进行分析和诊断.

参考文献:

[1] 总装备部装备保障部. 坦克构造与使用 [M] . 北京: 解放军出版社, 2000.

[2] 杨通强, 唐力伟. 基于声测法的齿轮箱齿轮故障诊断研究 [J] . 军械工程学院学报, 2000, 18(4) : 23~25.

[3] 屈梁生. 机械故障诊断学 [M] . 上海: 上海科技出版社, 1986.

[4] 韩 捷, 张瑞林. 旋转机械故障机理及诊断技术 [M] . 北京: 机械工业出版社, 1997.

[5] 毕 果, 韩 捷, 梁 川. 基于矢量振动信息的 AR 功率谱分析及应用 [J] . 郑州大学学报(工学版) , 2003, 24(2) : 80~83.